

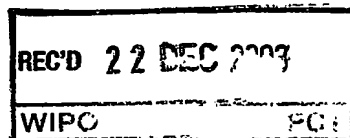


Europäisches
Patentamt

European
Patent Office

Office européen
des brevets

10/536843
PCT/IB 03/05442
28.11.03



Bescheinigung

Certificate

Attestation

Die angehefteten Unterla-
gen stimmen mit der
ursprünglich eingereichten
Fassung der auf dem näch-
sten Blatt bezeichneten
europäischen Patentanmel-
dung überein.

The attached documents
are exact copies of the
European patent application
described on the following
page, as originally filed.

Les documents fixés à
cette attestation sont
conformes à la version
initialement déposée de
la demande de brevet
européen spécifiée à la
page suivante.

Patentanmeldung Nr. Patent application No. Demande de brevet n°

02102682.8

Der Präsident des Europäischen Patentamts;
Im Auftrag

For the President of the European Patent Office

Le Président de l'Office européen des brevets
p.o.

R C van Dijk

DEN HAAG, DEN
THE HAGUE,
LA HAYE, LE

02/10/03

EPA/EPO/OEB Form 1014 - 02.91

**PRIORITY
DOCUMENT**

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

BEST AVAILABLE COPY



Europäisches
Patentamt

European
Patent Office

Office européen
des brevets

**Blatt 2 der Bescheinigung
Sheet 2 of the certificate
Page 2 de l'attestation**

Anmeldung Nr.:
Application no.:
Demande n°: 02102682.8

Anmeldetag:
Date of filing:
Date de dépôt: 04/12/02

Anmelder:
Applicant(s):
Demandeur(s):
Philips Intellectual Property & Standards GmbH
20099 Hamburg
GERMANY

Koninklijke Philips Electronics N.V.
5621 BA Eindhoven

NETHERLANDS
Bezeichnung der Erfindung:
Title of the invention:
Titre de l'invention:

Vorrichtung und Verfahren zur Unterstützung der Navigation eines Katheters in einem Gefäß

In Anspruch genommene Priorität(en) / Priority(ies) claimed / Priorité(s) revendiquée(s)

Staat:
State:
Pays:

Tag:
Date:
Date:

Aktenzeichen:
File no.
Numéro de dépôt:

Internationale Patentklassifikation:
International Patent classification:
Classification internationale des brevets:

/

Am Anmeldetag benannte Vertragsstaaten:
Contracting states designated at date of filing:
Etats contractants désignés lors du dépôt:

AT/BG/BE/CH/CY/CZ/DE/DK/EE/ES/FI/FR/GB/GR/IE/IT/LI/LU/MC/NL/

Bemerkungen:
Remarks:
Remarques:

BESCHREIBUNG

Vorrichtung und Verfahren zur Unterstützung der Navigation eines Katheters in einem Gefäß

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung und ein Verfahren zur Unterstützung der Navigation z.B. eines Katheters in einem Gefäß.

Bei intravaskulären medizinischen Eingriffen wird ein Instrument an der Spitze eines Katheters von einer von außen gut zugänglichen Stelle des Gefäßsystems aus entlang der Gefäßbahn zu einem Einsatzort vorgeschoben. Am Einsatzort können dann mit dem Instrument die gewünschten diagnostischen oder therapeutischen Maßnahmen ausgeführt werden. Beispielsweise kann ein Stent am Ort einer Stenose in einer Arterie oder einem Herzkranzgefäß platziert werden, um die Verengung des Gefäßes aufzuweiten. Für den Erfolg derartiger Eingriffe ist es wichtig, das Instrument zuverlässig im Gefäß navigieren und die gewünschten Maßnahmen zielgenau ausführen zu können. Zur Unterstützung der Führung eines Katheters erfolgt daher üblicherweise eine Beobachtung des Eingriffes mittels Röntgenfluoroskopie, wobei durch die Injektion eines Kontrastmittels eine gute Darstellung der Gefäße erreicht wird. Die Menge an injizierbarem Kontrastmittel ist jedoch aufgrund der damit verbundenen Belastung für den Patienten begrenzt, und ohne Kontrastmittel sind die Gefäße auf den Röntgenbildern nur schlecht oder gar nicht sichtbar. Nachteilig ist ferner die mit den Röntgenaufnahmen verbundene Strahlenbelastung für den Patienten sowie die Begrenzung der Darstellung auf die Bereiche, in denen Blut fließt. Gefäßwände, Ablagerungen an den Gefäßwänden sowie umgebendes Gewebe werden dagegen nicht genauer abgebildet.

Zur Verbesserung der räumlichen Darstellung komplex geformter Gefäße ist es aus der US 6 148 095 bekannt, angiografische Projektionsabbildungen aus zwei unabhängigen Richtungen mit Intravaskulären Ultraschall-(IVUS)-Aufnahmen zu kombinieren. Das Verfahren ist sehr aufwändig und erfordert für die Ermittlung der aktuellen Position eines Katheters Röntgenaufnahmen, was mit einer entsprechenden Strahlenbelastung für den Patienten verbunden ist.

Vor diesem Hintergrund war es eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Vorrichtung und ein Verfahren zur Unterstützung der Navigation in einem Gefäß bereitzustellen, welche bei Verringerung der Belastung durch die Untersuchung eine genauere Positionierung eines Instrumentes wie z.B. einer Katheterspitze ermöglichen.

5

Diese Aufgabe wird durch eine Vorrichtung mit den Merkmalen des Anspruchs 1 sowie durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 5 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen sind in den Unteransprüchen enthalten.

- 10 Die erfindungsgemäße Vorrichtung dient der Unterstützung der Navigation in einem Gefäß. Unter einem "Gefäß" ist dabei vornehmlich ein Blutgefäß in einem biologischen Körpervolumen zu verstehen. Die Erfindung ist hierauf jedoch nicht beschränkt und ist grundsätzlich auch auf die Navigation in Gefäßen in einem allgemeineren Sinne anwendbar (zum Beispiel Kanäle in einer Maschinenkonstruktion). Die Vorrichtung
- 15 enthält die folgenden Elemente:

- a) Eine entlang des Gefäßes bewegbare Sensorsonde zur Erfassung von lokalen Abbildungen, welche das Gefäß am Ort der Aufnahme der jeweiligen lokalen Abbildung charakterisieren. Der Begriff der "Abbildung" ist in diesem
- 20 Zusammenhang weit zu verstehen und erfasst alle Arten von Messdaten, die charakteristische lokale Eigenschaften des Gefäßes widerspiegeln (z.B. der lokale elektrische Widerstand im Gefäß). Beispiele für lokale Abbildungen werden unten in Verbindung mit bevorzugten Ausgestaltungen der Erfindung erläutert.
- 25
- b) Einen Speicher zur Speicherung einer Sequenz von lokalen Abbildungen, die bei der vorstehend erwähnten Bewegung der Sensorsonde entlang des Gefäßes gewonnen wurden. Die grafische Darstellung dieser Sequenz wird nachfolgend auch als "Gefäßkarte" bezeichnet.

30

- c) Eine Datenverarbeitungseinheit, welche dazu eingerichtet ist, (mindestens) eine weitere lokale Abbildung des Gefäßes in die gemäß Schritt b) im Speicher abgelegte Sequenz von lokalen Abbildungen einzuordnen. Die weitere lokale Abbildung wird dabei vorzugsweise von der genannten Sensorsonde gewonnen, so dass sie vom selben Typ wie die gespeicherten lokalen Abbildungen der Sequenz ist. Es ist jedoch auch denkbar, dass die weitere lokale Abbildung mit einem anderen Gerät oder auf andere Art und Weise gewonnen wird.
- 10 Mit der beschriebenen Vorrichtung und ihrer Sensorsonde ist es möglich, in einem Gefäß zu navigieren. Dazu wird zunächst in den Schritten a) und b) eine Gefäßkarte ("roadmap") von einem Abschnitt des Gefäßes gewonnen und gespeichert. Bei einer anschließenden Bewegung der Sensorsonde oder eines anderen Instrumentes zur Gewinnung lokaler Abbildungen können dann am aktuellen Aufenthaltsort gewonnene
- 15 "weitere" lokale Abbildungen einem Punkt der gespeicherten Gefäßkarte zugeordnet werden, das heißt, die Position der Sensorsonde bzw. des Instrumentes kann auf der Gefäßkarte identifiziert werden.

- Bei der Sensorsonde handelt es sich vorzugsweise um ein Intravaskuläres
- 20 Ultraschallsystem (IVUS). Mit einem IVUS können Querschnittsabbildungen des Gefäßes (senkrecht zur Gefäßachse) gewonnen werden, wobei die Querschnitte charakteristische Eigenschaften des Gefäßes (Form und Durchmesser des Lumens, Dicke der Gefäßwände, Ablagerungen an den Gefäßwänden, umgebendes Gewebe etc.) am Aufnahmeort zeigen. Diese Eigenschaften ändern sich in der Regel kontinuierlich
- 25 entlang des Gefäßes, so dass sie dazu geeignet sind, die Positionen entlang der Gefäßbahn zu identifizieren bzw. zu parametrisieren. Ein weiterer Vorteil eines IVUS besteht darin, dass mit ihm Abbildungen ohne eine Strahlenbelastung des Patienten gewonnen werden können. Ferner sind die mit dem IVUS erzeugten Querschnittsabbildungen unmittelbar geeignet, eine Gefäßverengung (Stenose) festzustellen und zu
- 30 untersuchen. Ein IVUS wird daher ohnehin in vielen Katheteruntersuchungen bereits eingesetzt.

Weiterhin stellen auch Systeme zur Durchführung einer optischen

- 5 Kohärenztomographie (OCT) eine geeignete Art von Sensorsonde dar, da sie ähnliche Vorteile wie ein IVUS bieten.

- Gemäß einer Weiterbildung der Vorrichtung weist diese eine Einrichtung zur Bewegung der Sensorsonde entlang des Gefäßes mit einer definierten, vorzugsweise mit einer kon-
- 10 stanten Geschwindigkeit auf. Eine solche Einrichtung kann eingesetzt werden, um die Sensorsonde während der Aufnahme der Sequenz der gespeicherten lokalen Abbildungen definiert zu bewegen. Aus der Kenntnis der Bewegungsgeschwindigkeit der Sensorsonde kann zu jedem Zeitpunkt die von der Sensorsonde zurückgelegte Strecke bestimmt und auf einem geraden Maßstab entsprechend einer gestreckten Gefäßkarte dar-
- 15 gestellt werden. Durch die Kenntnis der Zeitpunkte, zu denen die lokalen Abbildungen der gespeicherten Sequenz gemacht wurden, kann sodann jede lokale Abbildung der Sequenz einem zugehörigen Ort auf der gestreckten Gefäßkarte zugeordnet werden. Der Benutzer der Vorrichtung erhält hierdurch eine quasi eindimensionale, maßstabgetreue Wiedergabe der Verhältnisse entlang der Gefäßbahn.

20

- Eine andere Weiterbildung der Erfindung ist dadurch gekennzeichnet, dass die Vorrichtung ein Display zur Darstellung der gespeicherten Sequenz der lokalen Abbildungen – d.h. einer "Gefäßkarte" – enthält. Weiterhin ist die Datenverarbeitungseinheit dazu eingerichtet, die aktuelle Position der Sensorsonde und/oder die aktuelle Position eines
- 25 Instrumentes, das sich an einer bekannten Relativposition zur Sensorsonde befindet, auf dem Display als Gefäßkarte anzuzeigen. Beim Einsatz der Vorrichtung im Rahmen einer Katheteruntersuchung kann beispielsweise zunächst eine Sequenz lokaler Abbildungen des interessierenden Gefäßabschnittes erzeugt und auf dem Display dargestellt werden. Bei der anschließenden diagnostischen oder therapeutischen
- 30 Behandlung kann dann die Position des mit der Sensorsonde gekoppelten Katheters bzw. seiner Spitze oder eines guidewires über die Position der Sensorsonde ermittelt

und ebenfalls für den behandelnden Arzt auf dem Display dargestellt werden.

Die Erfindung betrifft weiterhin ein Verfahren zur Unterstützung der Navigation in
5 einem Gefäß (im oben erläuterten weiten Sinne), welches die folgenden Schritte enthält:

- a) Bewegung einer Sensorsonde zur Aufnahme lokaler Abbildungen (im oben erläuterten weiten Sinne), die das Gefäß am Ort ihrer jeweiligen Aufnahme charakterisieren, entlang des Gefäßes.
10
- b) Erzeugung und Speicherung einer Sequenz lokaler Abbildungen durch die Sensorsonde während deren Bewegung gemäß Schritt a).
15
- c) Einordnung (mindestens) einer weiteren lokalen Abbildung, die vorzugsweise ebenfalls von der Sensorsonde aufgenommen wurde, in die gemäß Schritt b) gespeicherte Sequenz.

Ein derartiges Verfahren lässt sich mit der oben erläuterten Vorrichtung durchführen, wobei die dort beschriebenen Vorteile einer einfachen, genauen und belastungsarmen
20 Navigation in einem Gefäß mit Hilfe einer Gefäßkarte erzielt werden.

Als lokale Abbildungen eignen sich prinzipiell alle Messdaten beziehungsweise Sätze von Messdaten, welche charakteristische Eigenschaften an einem Ort des Gefäßes erfassen und sich vorzugsweise (kontinuierlich) entlang des Gefäßes ändern, so dass sie
25 zur Identifizierung/Parametrisierung der Gefäßposition geeignet sind. Besonders bevorzugt ist in diesem Zusammenhang die Verwendung von intravaskulären Ultraschallbildern als lokale Abbildungen des Gefäßes. Diese können einerseits mit minimaler Belastung für den Patienten gewonnen werden und liefern andererseits wertvolle Informationen über Gefäßverengungen. Bei vielen Katheteruntersuchungen
30 werden daher ohnehin intravaskuläre Ultraschallbilder erzeugt.

Vorzugsweise erfolgt in Schritt a) des Verfahrens die Bewegung der Sensorsonde mit definierter (vorzugsweise konstanter) Geschwindigkeit, während in Schritt b) die

Erzeugung lokaler Abbildungen während der Bewegung mit definierter (vorzugsweise konstanter) Rate stattfindet. Die Lage der lokalen Abbildungen der Sequenz lässt sich dann bestimmen und auf einer eindimensionalen, gestreckten Gefäßkarte maßstäblich darstellen. Wenn zum Beispiel die Bewegung mit konstanter Geschwindigkeit und die Aufnahme lokaler Abbildungen mit konstanter Rate erfolgt, liegen die lokalen Abbildungen der Sequenz äquidistant verteilt auf der Gefäßkarte.

Für die in Schritt c) vorgenommene Einordnung einer weiteren lokalen Abbildung in die zuvor gespeicherte Sequenz lokaler Abbildungen gibt es verschiedene

- 10 Realisierungsmöglichkeiten. Vorzugsweise erfolgt die Einordnung dadurch, dass die weitere lokale Abbildung
 - einer einzigen lokalen Abbildung aus der Sequenz, oder
 - zwei benachbarten lokalen Abbildungen aus der Sequenzzugeordnet wird, wobei die Auswahl dieser zugeordneten lokalen Abbildung(en) der
- 15 Sequenz auf der Basis eines Ähnlichkeitsmaßstabes erfolgt. Mit Hilfe des Ähnlichkeitsmaßstabes wird die Ähnlichkeit zwischen der weiteren lokalen Abbildung und den lokalen Abbildungen der Sequenz (oder einem Teil dieser Abbildungen) quantifiziert. Der weiteren lokalen Abbildung wird z.B. diejenige lokale Abbildung der Sequenz zugeordnet, zu der sie am ähnlichsten ist, d.h. für die der Ähnlichkeitsmaßstab ein Maximum
- 20 annimmt. Das Maximum kann dabei in Bezug auf die Sequenz global sein (die zugeordnete Abbildung hat von allen Abbildungen der Sequenz die höchste Ähnlichkeit zur weiteren Abbildung) oder lokal sein (die zugeordnete Abbildung hat nur auf einem Abschnitt der Sequenz die höchste Ähnlichkeit zur weiteren Abbildung). Wenn der weiteren Abbildung zwei benachbarte lokale Abbildungen der Sequenz zugeordnet
- 25 werden sollen, ist für deren Auswahl eine geeignete, auf dem Ähnlichkeitsmaßstab basierende Vorschrift zu definieren. Beispielsweise können diejenigen zwei benachbarten lokalen Abbildungen zugeordnet werden, deren Ähnlichkeitsmaße zur weiteren Abbildung in der Summe maximal sind.
- 30 Gemäß einer Weiterbildung des Verfahrens wird Schritt c) (Einordnung einer weiteren lokalen Abbildung in die gespeicherte Sequenz) für eine Serie weiterer Abbildungen wiederholt ausgeführt, wobei für eine Abbildung aus dieser Serie die Suche nach einer

Einordnungsposition in die gespeicherte Sequenz lokaler Abbildungen jeweils an der Einordnungsposition begonnen wird, die der in der Serie vorangehenden Abbildung zugeordnet wurde. Eine solche Initialisierung der Einordnungsprozedur erweist sich als vorteilhaft, wenn eine zeitlich zusammenhängende Serie an weiteren lokalen Abbildungen in die gespeicherte Sequenz eingeordnet werden soll. In diesem Falle wird sich nämlich die Position einer Abbildung aus der Serie in der Regel nur wenig oder gar nicht von der Position der vorangehenden Abbildung aus der Serie unterscheiden. Die Position der vorangehenden Abbildung stellt daher einen guten Näherungswert für die Position der nachfolgenden Abbildung der Serie dar, so dass eine hiermit beginnende Suche schneller zum Erfolg führen wird.

Bei einer bevorzugten Ausbildung des Verfahrens werden die lokalen Abbildungen der gespeicherten Sequenz entsprechend ihrer Position entlang des Gefäßes als Gefäßkarte auf einem Display dargestellt. Ferner wird die für die weitere lokale Abbildung berechnete Einordnungsposition in der Sequenz auf demselben Display überlagert dargestellt. Die aktuelle Position der Sensorsonde oder eines damit verbundenen Instrumentes kann daher in anschaulicher Weise auf dem Display in Bezug auf die Gefäßkarte verfolgt werden.

Im Folgenden wird die Erfindung mit Hilfe der Figuren beispielhaft erläutert. Es zeigt:

Fig. 1 schematisch die Gewinnung einer Gefäßkarte mit Hilfe eines Intravaskulären Ultraschallsystems (IVUS);

Fig. 2 die Positionierung eines Stents in dem System von Figur 1.

In den Figuren wird die Erfindung am Beispiel der Positionierung eines Stents 11 zur Behandlung einer Stenose 4 im Gefäß 2 (z.B. Herzkranzgefäß) eines Patienten beschrieben. Wichtig für das erfolgreiche Einsetzen eines Stents ist dessen genaue Positionierung an der zu behandelnden Stenose. Zu diesem Zweck wird der Stent üblicherweise entlang eines Führungsdrahtes (guidewire) an der Spitze eines Katheters 1 verschoben, während unter Injektion eines Kontrastmittels wiederholt

Röntgenaufnahmen zur Bestimmung der richtigen Position erzeugt werden. Nachteilig an diesem Verfahren ist die Belastung des Patienten durch das Kontrastmittel und die Röntgenaufnahmen.

- 5 Aus diesem Grunde wird ein Positionierungs- und Navigationsverfahren für einen Katheter 1 in einem Gefäß 2 angewendet, bei welchem eine IVUS-Sonde 3 an der Spitze des Katheters 1 eingesetzt wird. Mit der IVUS-Sonde 3 können Ultraschall-Querschnittsabbildungen des Gefäßes 2 an der Position der Sonde 3 erzeugt werden, was für den Patienten keine schädliche Strahlenbelastung beinhaltet. Der unmittelbare
- 10 Einsatz einer IVUS-Sonde 3 bei der Positionierung eines Stents oder bei einem anderen Kathetereingriff begegnet jedoch dem Problem, dass in der Regel ein deutlicher Abstand zwischen der Sonde 3 und dem Wirkungsort des Instrumentes (Stent etc.) besteht. Wenn die IVUS-Sonde 3 daher in der Mitte einer Stenose 4 positioniert ist, wird der Stent 11 in der Regel bereits über die Stenose hinausgeschoben sein.

15

Um derartige Probleme beim Einsatz einer IVUS-Sonde 3 zu vermeiden, wird erfindungsgemäß zunächst eine Gefäßkarte beziehungsweise "roadmap" des interessierenden Abschnittes des Gefäßes 2 angefertigt. Anschließend kann dann mit Hilfe dieser Gefäßkarte die genaue Position des Stents in Bezug auf die aktuelle Position der IVUS-

- 20 Sonde 3 ermittelt werden. Unter Bezugnahme auf Figur 1 wird diesbezüglich zunächst die Gewinnung der Gefäßkarte näher erläutert.

In Figur 1 ist ein interessierender Abschnitt eines Gefäßes 2 dargestellt, in welchem eine zu behandelnde Stenose 4 liegt. In das Gefäß 2 ist über einen Katheter 1 eine IVUS-

- 25 Sonde 3 eingeführt worden. Diese wird von einem Startpunkt \bar{x}_1 jenseits der Stenose 4 beginnend in Richtung des Blockpfeils mit vorzugsweise konstanter Geschwindigkeit bis zu einem Endpunkt \bar{x}_2 zurückgezogen, was zum Beispiel über eine schematisch angedeutet Einrichtung 9 außerhalb des Körpers des Patienten geschehen kann.

- Gleichzeitig werden mit einer konstanten Rate lokale Abbildungen 5 mit der IVUS-
- 30 Sonde 3 erzeugt. Durch die Kombination einer konstanten Rückzugsgeschwindigkeit

und einer konstanten Aufnahmerate wird erreicht, dass in jeweils gleich großen Längenabständen d entlang des Gefäßes 2 lokale Querschnittsabbildungen 5 erzeugt werden.

5

Die von der IVUS-Sonde 3 erzeugten Abbildungen 5 werden von einer Datenverarbeitungseinheit 7 empfangen und in einem Speicher 8 abgelegt. Gegebenenfalls können die IVUS Aufnahmen noch geometrischen Korrekturen unterzogen werden, um z.B. den globalen Verlauf des Gefäßes zu berücksichtigen, welcher aus einer vorhandenen Röntgenaufnahme mit Kontrastmittel bekannt sein kann. Insbesondere bei Untersuchungen der Herzkranzgefäße können ferner EKG-Daten verwendet werden, um die zur Herzphase passenden IVUS Aufnahmen auszuwählen.

Die Datenverarbeitungseinheit 7 ist mit einem Display 6 gekoppelt, auf welchem eine Darstellung der beim Zurückziehen der Sonde 3 gewonnenen Sequenz aus lokalen Abbildungen 5 erfolgt. Der untersuchte Gefäßabschnitt ist dabei gestreckt dargestellt, da die IVUS-Sonde 3 allein keine Information über eine komplexe räumliche Konfiguration des Gefäßes liefert. Eine räumliche Darstellung des Gefäßabschnittes wäre zwar unter Zuhilfenahme von Röntgenaufnahmen möglich, sie ist jedoch für Aufgaben wie die Positionierung eines Stents nicht erforderlich.

Die Darstellung der zwischen dem Startpunkt \bar{x}_1 und dem Endpunkt \bar{x}_2 des Rückzugs der Sonde 3 gewonnenen Sequenz an lokalen Querschnittsabbildungen 5 kann auf verschiedene Weise erfolgen. In den Figuren ist zum Beispiel angedeutet, dass die aus den lokalen Abbildungen 5 berechneten Durchmesser des Gefäßes 2 zur Darstellung eines (gestreckten) Gefäßlängsschnittes verwendet werden. In dieser "Gefäßkarte" ist besonders deutlich die Stenose 4 erkennbar.

Die Verwendung der gewonnenen Gefäßkarte während der Positionierung eines Stents 11 wird in Figur 2 dargestellt. Der Stent 11 befindet sich dabei in einem bekannten und konstanten Abstand zur IVUS-Sonde 3 am Katheter 1. Mit der IVUS-Sonde 3

werden wieder lokale Querschnittsabbildungen 10 am jeweiligen Aufenthaltsort der Sonde 3 aufgenommen und der Datenverarbeitungseinheit 7 zugeleitet. Mit Hilfe geeigneter, Grauwertbasierter Registrierungstechniken (beschrieben zum Beispiel in: D.L.G.

Hill et al., Medical Image Registration, Phys. Med. Biol. 46(3),2001; J.B.A. Maintz,

5 M.A. Viergever, A survey of medical image registration, Med. Imag. Anal. 2(1), 1998;

J. Weese et al., Gray-value based registration of CT and MR images by maximization of local correlation, Proc. of MICCAI 1999, LNCS 1679; T. Netsch et al., Towards real-time multi-modality 3D medical image registration, Proc. of ICCV 2001, IEEE

Computer Society) wird in der Sequenz der Gefäßkarte diejenige lokale Abbildung 10'

10 ermittelt, welche der aktuellen Querschnittsabbildung 10 am ähnlichsten ist. Wenn die Gefäßkarte als ein 3D-Bild (aus räumlich hintereinander gesetzten

Querschnittsabbildungen) betrachtet wird, entspricht dies der Registrierung eines Schnittes in einem Volumen.

15 Vorteilhafterweise wird bei der Suche nach der ähnlichsten Abbildung 10' aus der Gefäßkarte als Startwert für den Ähnlichkeitsvergleich diejenige Abbildung der Gefäßkarte verwendet, welche der unmittelbar vorhergehenden aktuellen

Querschnittsabbildung zugeordnet wurde, da sich die IVUS-Sonde 3 seit dieser Zuordnung in der Regel nur wenig fortbewegt haben wird. Durch eine derartige

20 Initialisierung der Suche kann somit die Rechenzeit verringert und die Robustheit des Verfahrens erhöht werden.

Die Registrierung der aktuellen Querschnittsabbildung 10 liefert die aktuelle Position der Sensorsonde 3 in Bezug auf die Gefäßkarte der gemäß Figur 1 gewonnenen Sequenz

25 früherer Querschnittsabbildungen 5. Aufgrund der bekannten relativen Lage des Stents 11 in Bezug auf die Sonde 3 ist damit auch die aktuelle Position des Stents 11 in der Gefäßkarte bekannt. Die Datenverarbeitungseinheit 7 kann daher auf dem Display 6 sowohl ein Modell 3' der IVUS-Sonde 3 als auch ein Modell 11' des Stents 11 an der korrespondierenden Position der Gefäßkarte darstellen. Dies ermöglicht dem Arzt eine sehr gute Kon-

30 trolle über die tatsächliche Lage des Stents 11, so dass er Letzteren mit hoher Präzision in der Stenose 4 positionieren kann.

Durch die Verwendung einer IVUS-Sonde lässt sich somit bei geringer Belastung für den Patienten eine genaue und einfache Positionierung eines Stents oder eines ähnlichen Instrumentes in der Gefäßbahn durchführen. Da das Verfahren dabei auf einer intravas-
5 kulären Abbildung beruht, sind keine komplizierten Maßnahmen für die Kompensation einer Körperbewegung durch Atmung oder Herzschlag erforderlich.

PATENTANSPRÜCHE

1. Vorrichtung zur Unterstützung der Navigation in einem Gefäß (2), enthaltend

- a) eine entlang des Gefäßes (2) bewegbare Sensorsonde (3) zur Erfassung von lokalen Abbildungen (5, 10), die das Gefäß (2) am Ort ihrer Aufnahme charakterisieren;
- 5 b) einen Speicher (8) zur Speicherung einer bei der Bewegung der Sensorsonde (3) entlang des Gefäßes (2) gewonnenen Sequenz von lokalen Abbildungen (5);
- c) eine Datenverarbeitungseinheit (7), welche dazu eingerichtet ist, eine weitere lokale Abbildung (10) des Gefäßes (2) in die im Speicher (8) abgelegte Sequenz einzuordnen.

10

2. Vorrichtung nach Anspruch 1,

dadurch gekennzeichnet,

dass die Sensorsonde ein Intravaskuläres Ultraschallsystem (3) oder eine Einrichtung zur Durchführung einer optischen Kohärenztomographie ist.

15

3. Vorrichtung nach Anspruch 1,

dadurch gekennzeichnet,

dass sie eine Einrichtung (9) zur Bewegung der Sensorsonde (3) entlang des Gefäßes (2) mit definierter, vorzugsweise konstanter Geschwindigkeit aufweist.

20

4. Vorrichtung nach Anspruch 1,

dadurch gekennzeichnet,

dass sie ein Display (6) zur Darstellung einer gespeicherten Sequenz lokaler Abbildungen (5) enthält, und dass die Datenverarbeitungseinheit (7) dazu eingerichtet ist, die

25

Position der Sensorsonde (3) und/oder eines Instrumentes (11), das sich an einer bekannten Relativposition zur Sensorsonde (3) befindet, auf dem Display (6) anzuzeigen.

5. Verfahren zur Unterstützung der Navigation in einem Gefäß (2), enthaltend die Schritte:

- 5 a) Bewegung einer Sensorsonde (3) zur Aufnahme lokaler Abbildungen (5, 10), die das Gefäß (2) am Ort ihrer Aufnahme charakterisieren, entlang des Gefäßes (2);
- b) Erzeugung und Speicherung einer Sequenz lokaler Abbildungen (5) während der Bewegung der Sensorsonde (3);
- c) Einordnung einer weiteren, vorzugsweise von der Sensorsonde (3) aufgenommenen lokalen Abbildung (10) in die Sequenz.

10

6. Verfahren nach Anspruch 5,

dadurch gekennzeichnet,

dass die lokalen Abbildungen intravaskuläre Ultraschall-Querschnittsbilder (5, 10) oder optische Kohärenztomographische Aufnahmen des Gefäßes (2) sind.

15

7. Verfahren nach Anspruch 5,

dadurch gekennzeichnet,

dass die Bewegung in Schritt a) mit definierter Geschwindigkeit und die Erzeugung lokaler Abbildungen (5) in Schritt b) mit definierter Rate erfolgt.

20

8. Verfahren nach Anspruch 5,

dadurch gekennzeichnet,

dass die weitere lokale Abbildung (10) einer oder zwei benachbarten lokalen Abbildungen aus der Sequenz zugeordnet wird, zu der bzw. denen die Ähnlichkeit der weiteren lokalen Abbildungen (10) am höchsten ist.

25

9. Verfahren nach Anspruch 5,

dadurch gekennzeichnet,

dass Schritt c) für eine Serie weiterer lokaler Abbildungen (10) wiederholt ausgeführt wird, wobei für eine Abbildung der Serie die Suche nach einer Einordnungsposition in die gespeicherte Sequenz jeweils an der Einordnungsposition der in der Serie vorangehenden weiteren lokalen Abbildung begonnen wird.

30

10. Verfahren nach Anspruch 5,

dadurch gekennzeichnet,

- dass die lokalen Abbildungen der Sequenz entsprechend ihrer Position entlang des
- 5 Gefäßes (2) sowie die Einordnungsposition (10') der weiteren lokalen Abbildung (10) auf einem Display (6) dargestellt werden.

ZUSAMMENFASSUNG

Vorrichtung und Verfahren zur Unterstützung der Navigation eines Katheters in einem Gefäß

Die Erfindung betrifft die Unterstützung der Navigation eines Katheters (1) in einem
5 Gefäß (2). Dabei wird mit Hilfe einer Intravaskulären Ultraschall-(IVUS)-Sonde (3)
zunächst eine Sequenz an Querschnittsabbildungen des interessierenden Gefäßabschnittes erzeugt und als Gefäßkarte gespeichert. Anschließend kann eine an der aktuellen Position der IVUS-Sonde (3) gewonnene Querschnittsabbildung (10) über ein Registrierungsverfahren an die am besten passende Position auf der Gefäßkarte eingeordnet werden.
10 Auf einem Display (6) lässt sich ein Modell (3') der Sonde sowie ein Modell (11') des mit der Sonde gekoppelten Instrumentes (zum Beispiel Stent (11)) an der korrespondierenden Position der Gefäßkarte darstellen.

Fig. 2

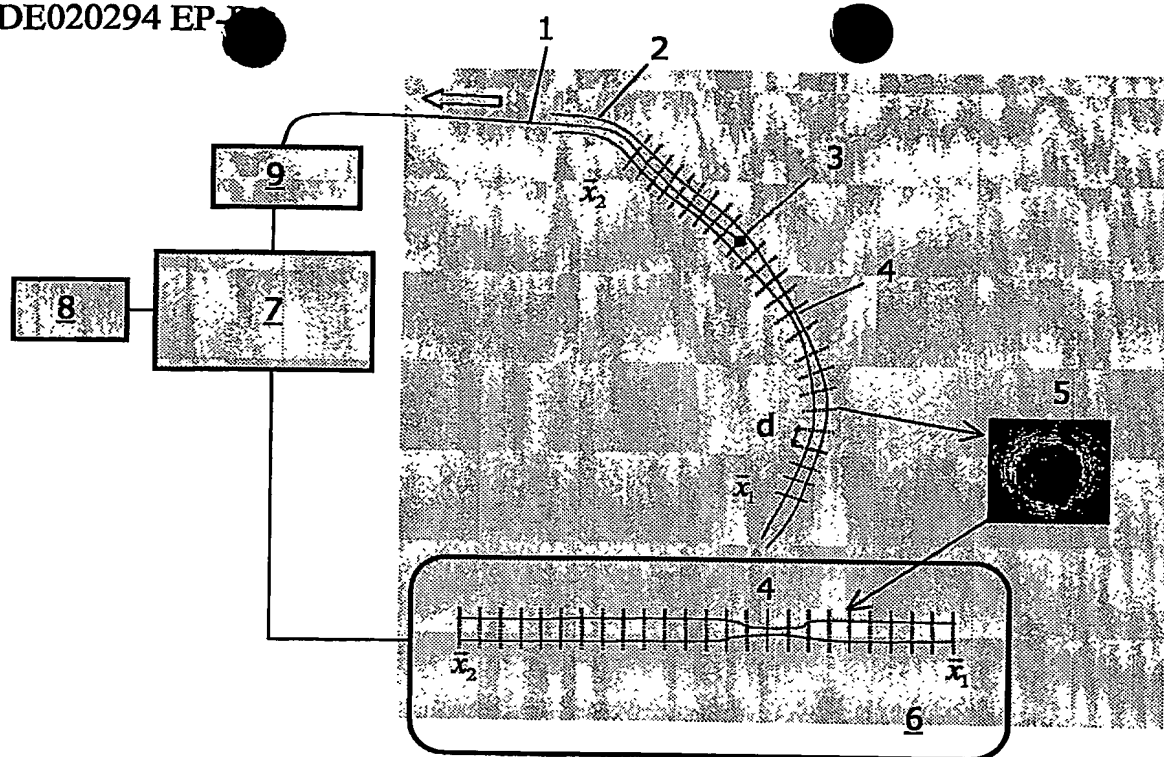


Fig. 1

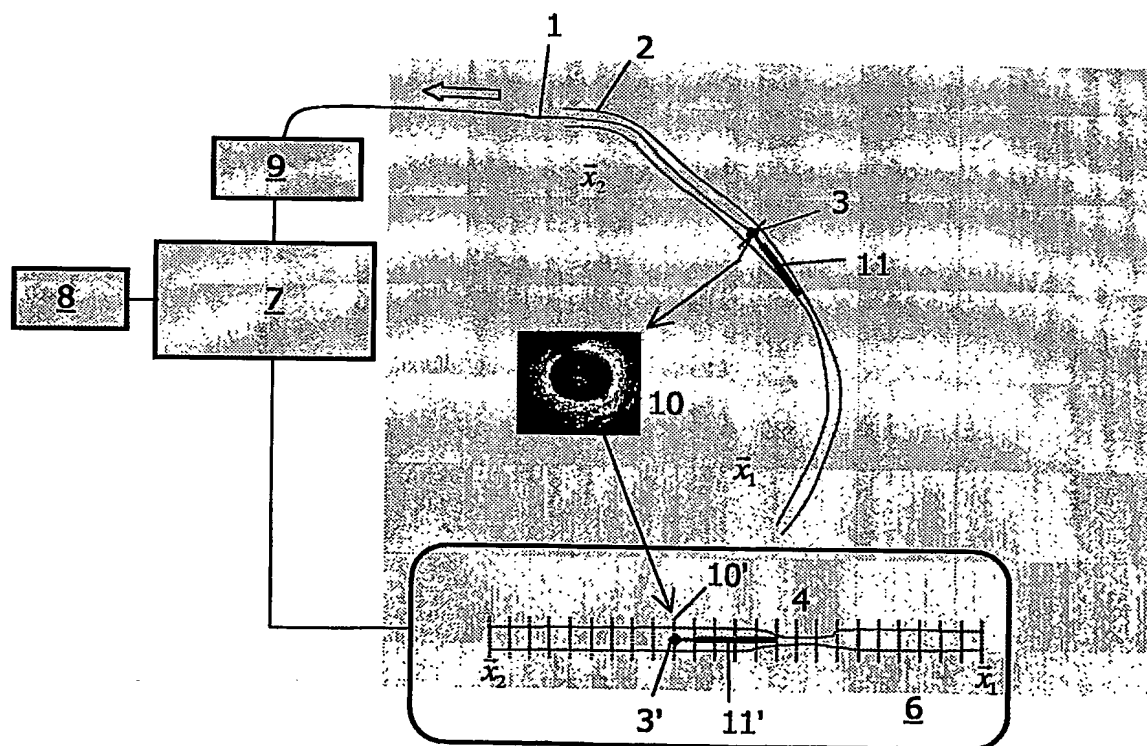


Fig. 2

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ ~~LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT~~
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.